

帯域共用機能を有する GFR 処理回路の開発

小林 正伸、岩村 篤、向山 裕之、藤田 利彦、芦 賢浩

株式会社 日立製作所 情報通信事業部
神奈川県横浜市戸塚区戸塚町 216 TEL 045-881-1221 (代表)
E-mail masanobu_kobayashi@cm.tcd.hitachi.co.jp
atsushi_iwamura@cm.tcd.hitachi.co.jp
hiroyuki_mukouyama@cm.tcd.hitachi.co.jp
toshihiko_fujita@cm.tcd.hitachi.co.jp
yoshihiro_ashi@cm.tcd.hitachi.co.jp

あらまし 現在、最低帯域の保証機能を有するサービスカテゴリとして GFR サービスの標準化が進行中である。ベストエフォート的なセル転送を可能とするサービスとして UBR があげられるが、ユーザが必要な最低限のスループットを保証していない。GFR の利点は、UBR と違い最低帯域保証、空き帯域の公平な有効利用等があげられる。今回、我々は GFR サービスの提供を実現するために、共用帯域内での公平性を確保し、且つ最低帯域を保証するキュー先読み型可変 WRR 方式を採用した GFR 処理回路を開発し、本回路により、GFR サービスの提供が可能であることを確認した。

キーワード GFR、ATM、Packet、EPD、PPD、帯域共用

A Development of GFR circuit with Shared-Bandwidth Function

Masanobu Kobayashi, Atsushi Iwamura, Hiroyuki Mukouyama
Toshihiko Fujita, Yoshihiro Ashi

Telecommunications Division, Hitachi Ltd.
216 Totsuka-chou Totsuka-ku Yokohama Japan TEL 045-881-1221
E-mail masanobu_kobayashi@cm.tcd.hitachi.co.jp
atsushi_iwamura@cm.tcd.hitachi.co.jp
hiroyuki_mukouyama@cm.tcd.hitachi.co.jp
toshihiko_fujita@cm.tcd.hitachi.co.jp
yoshihiro_ashi@cm.tcd.hitachi.co.jp

Abstract The standardization for GFR(Guaranteed Frame Rate) Service is proceeding now. It is generally known that UBR Service supports best-effort cell transfer, but this service does not guarantee minimum-bandwidth for users. Compared to UBR Service, GFR Service has the advantage of minimum-bandwidth guarantee and impartial assignment of unused bandwidth.
In this work, we developed and evaluated the GFR transaction circuit which adopt the Queue Read-Ahead WRR method to guarantee minimum bandwidth and impartiality within the shared bandwidth. With this evaluation, we were able to confirm that GFR Service can be realized by this circuit.

key words GFR、ATM、Packet、EPD、PPD、Shared-Bandwidth

1. はじめに

インターネット利用者の爆発的な拡大に伴い、より安価なインターネットサービスの提供が急務となっている。そうした中で、インターネットアクセスをATM網へ収容する方法として、安価なATM光アクセス系を提供するATM-PON方式の採用とSLTにおいてネットワーク伝送路を複数ユーザで共用し、ベストエフォート的な使用を可能とするGFR処理回路を実装することにより経済化が図れる。(図1.1)

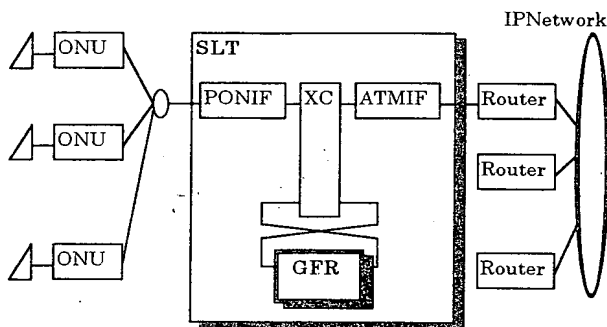


図 1.1 ATM-PON システム構成図

[GFR サービスクラス]

近年、ATM フォーラム及びITU-TにおいてGFR（Guaranteed Frame Rate）サービスカテゴリ（GFR1、GFR2）の標準化が進行中である³⁾。GFR サービスクラスでは、パラメータとしてPCR、mCR（Minimum Cell Rate）、最大フレーム長(SDU：Service Data Unit)を規定しており、ベストエフォート的な帯域の有効利用、且つ最低限のスループットを保証している。

このGFR サービスクラスの提供を実現するためには、SLT装置において、伝送帯域を共用し、且つ最低帯域を保証するセル多重制御手段の開発が必要となる。

[WRR 及びキュー先読み型 WRR 方式]

これまでに、最低帯域保証を行うセルスケジューリング方式として、重み付きラウンドロビン（WRR：Weighted Round Robin）スケジューリ

ング方式⁴⁾が報告されている。複数VCコネクションのセル多重にWRRを採用した場合、各VCコネクションが重み付けされ、WRRスケジューラに従って、セルが多重化される。しかしながら、WRR方式では、セルポーリングスケジューラが一定のため、帯域共用機能を実現することができないという難点がある。

前報告⁵⁾では、キュー先読み型WRR方式による帯域制御回路により、GFRサービスの提供が可能であることを示し、その有効性を示したが、実用化レベル（収容コネクション数、スループット）を考えた場合、満足のいくものではなかった。

本報告では、キュー先読み型変形WRR方式を用いた共用帯域制御方式によりGFR処理回路を開発、評価を行い、実用化レベルの動作を保証することを確認した。また、GFR1、GFR2のサービスカテゴリに対し満足することを確認した。

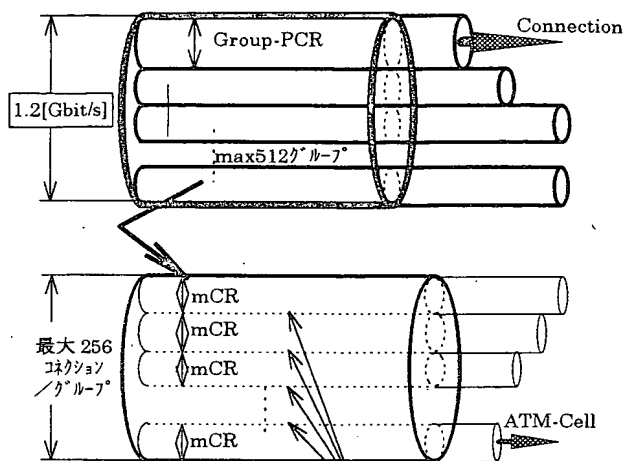
2. 概要

今回、開発したGFR処理回路における処理概要について以下説明する。

図2.1に示すように、GFR処理回路の総スループット1.2Gbit/sを最大512グループで分割し、そのグループ内で帯域共用処理を行う。

1グループ内には最大256コネクションの登録を可能としている。各コネクションは各々mCRの保証帯域を確保し、且つ余剰帯域を利用したベストエフォート的な使用を可能とする。

本制御には、グループ帯域を保証する制御と各グループ内のコネクション帯域を保証する制御が必要となる。グループ帯域の制御を行うに当たってはWRR方式を採用することで制御可能である。また、コネクション帯域の制御（帯域共用制御を行い、且つmCR及びPCRを保証する）に関してはキュー先読み型変形WRR方式を採用する。



グループ内では仮想的な境界線にすぎない。但し、全てのコネクションに排出需要がある場合、各コネクションに定義付けられた mCR の帯域を確保する。

図 2.1 グループ分割及びグループ帯域内のコネクション帯域概念図

【キュー先読み型変形 WRR 方式】

図 2.2 にキュー先読み型変形 WRR 方式の概略を示す。帯域共用効果を得る為には、排出決定時間前にグループ内の全コネクションのセル有無情報を取得し、排出許可情報を参照して、読み出しコネクションを決定する必要がある。

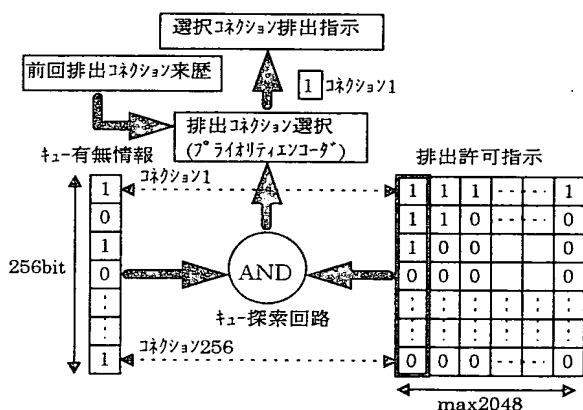


図 2.2 キュー先読み型変形 WRR 方式

3. 実現方式

本章は今回開発した GFR 対応帯域制御回路の主要諸元、回路構成、及び機能について説明する。

3.1 主要諸元

表 3.1 に今回開発した GFR 対応帯域制御回路の主要諸元を示す。

表 3.1 主要諸元

項目	仕様
総スループット	1.2Gbit/s
収容グループ数	512グループ (max)
収容コネクション数	2048コネクション (max)
キューイング方式	perVCキューイング
帯域制御方式	グループ WRR 方式 コネクション キュー先読み型変形 WRR 方式
グループ設定帯域	0.1Mbit/s～1.2Gbit/s
最大キュー長	512cells/コネクション
セルバッファ容量	1Mcells
主要機能	<ul style="list-style-type: none"> ・ EPD/PPD 機能 ・ CLP 優先廃棄機能 ・ パケットタイピング機能 ・ mCR 保証機能 ・ 帯域共用機能 ・ トラフィック監視機能

3.2 回路構成及び機能

図 3.1 に今回開発した帯域共用回路の回路構成、表 3.2、3.3 に各 LSI 仕様を示す。コネクション識別子変換部において受信したセルの VPI/VCI を内部コネクション ID (配属グループ内エントリ No.) に変換し、その ID を用いて以下の制御を行う。

(1) セル書込制御部

書き込み制御回路部にてキューアドレス管理テーブルを参照し、コネクション毎に割り当てられた最大キュー長 (512 キュー) を越えていないか判断した後、越えていなければキュー値をインクリメントし、アドレス発生回路より個別バッファの空きアドレスを取得する。越えた場合は廃棄処理を行うが、EPD 動作モード時には EPD、PPD 処理を行い、廃棄セルカウンタをインクリメントする。書き込み許可を得たセルは取得した空きアドレスに書き込まれ、同時にキューアドレス管理テーブルへコネクション ID 毎に使用アドレスの書き込みを行うとともにキューフラグテーブルに、キュー有無フラグをセットする。

(2) 読出し制御部

読出し制御回路では基本タイマにより基本スケジューラテーブルに設定されたグループ内の読み出し可能なコネクションの決定を行う。以下に 256 コネクションの帯域共用を実現する基本動作について記述する。

基本スケジューラテーブルより読出しグループを取得する。これを Group ポインタとしてキューチェックリストテーブル、検索来歴テーブルを参照し、グループ内のコネクションの読み出し許可フラグ (256bit) を取得する。また、そのポインタでキューフラグテーブルを参照し、現在のキュー有無情報 (256bit) を取得する。2つの取得したフラグから現在排出可能なコネクションを選別し、排出コネクションを決定するプライオリティエンコーダ部へ情報を受け渡す。プライオリティエンコーダ部では、排出可能コネクション情報を取得した後、プライオリティ制御により送出すべきコネクションを決定する。決定されたコネクション No. を使用してキューアドレス管理テーブルより、決定コネクションのセルが格納され

ているアドレスを取得し、セルの読み出しを行う。

表 3.2 GFR 対応コントロールLSI 仕様

項目	仕様
主要機能	<ul style="list-style-type: none"> ・帯域共用(mCR,PCR 保証)機能 ・EPD/PPD 機能 ・CLP 優先廃棄機能 ・パケットキック機能
性能情報	通過、廃棄セル及びパケット計測
外部メモリ	64Mbit SDRAM×8 4Mbit SRAM×3
適用プロセス	0.35 μ m CMOS
ゲート規模	234.4kGate+704kbit
パッケージ	479pin BGA (40mm×40mm)
消費電力	2.8W(typ.)

表 3.3 大容量セルバッファLSI 仕様

項目	仕様
主要機能	<ul style="list-style-type: none"> ・バッファメモリ制御 ・ヘッダ変換機能 ・CLP,EFCI 書き換え機能
セルバッファ量	1Mセル
外部メモリ	64Mbit SDRAM×8
適用プロセス	0.5 μ m CMOS
ゲート規模	123kGate+32kbit
パッケージ	479pin BGA (40mm×40mm)
消費電力	5.4W(typ.)

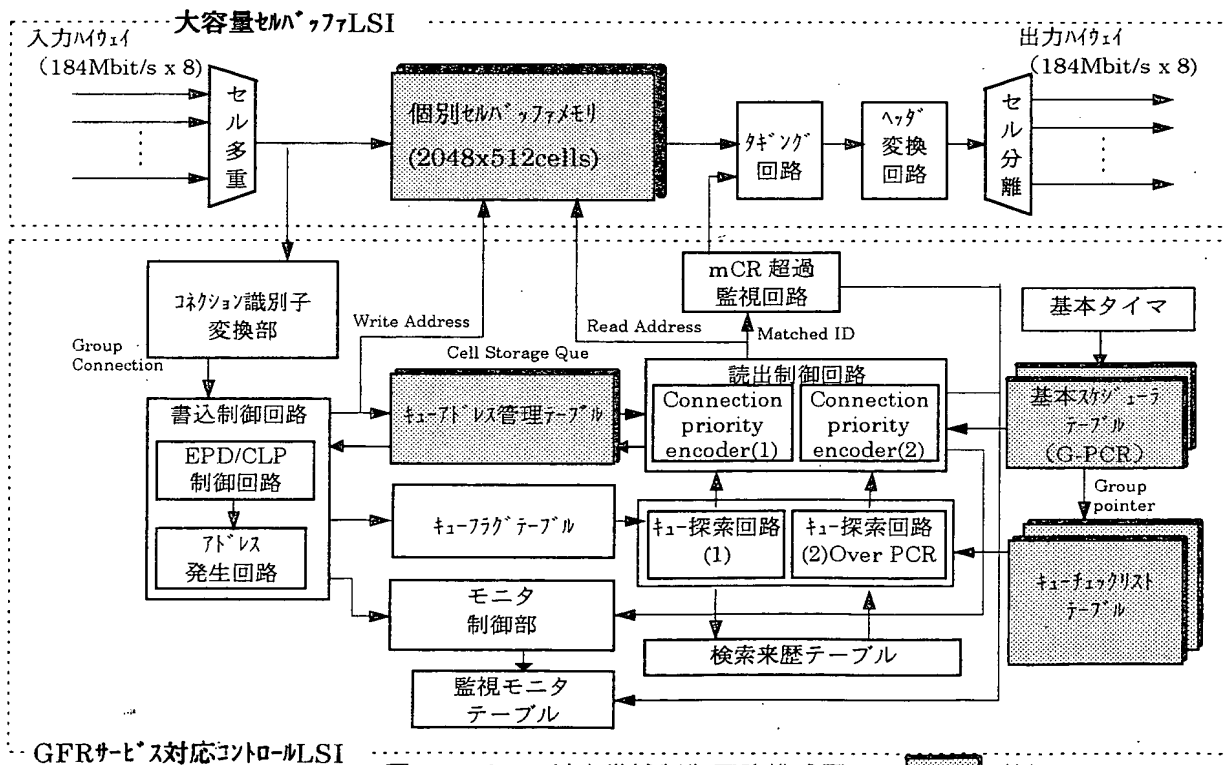


図 3.1 GFR 対応帯域制御回路構成図

4. GFR 対応帯域制御回路評価

本章では、開発した GFR 対応帯域制御回路を用いて評価を行った評価系構成、評価結果について述べる。

4.1 評価系構成

評価系構成を図 4.1 に示す。試作した帯域共用回路、ATM-SW、ATM-IF、ATM アナライザ、モニタ用保守端末にて構成している。

評価は ATM アナライザより複数 VC セルを挿入し、ATM-IF、ATM-SW で 256 コネクションのパス設定を行い、帯域共用回路を通して、アナライザにて受信する構成とした。

表 4.1 に、評価に用いたパラメータと設定範囲を示す。

表 4.1 評価パラメータと設定範囲

項目		設定範囲
GFR 対応 帯域制御 回路	収容コネクション数	256コネクション
	共用帯域	256Mbit/s
	使用グループ	Group1
	mCR	0.1~1Mbit/s
	PCR	0.5~5Mbit/s
ATM アナライザ	測定コネクション数	1~256コネクション
	測定セルハースト長	1~512セル
	測定セル挿入帯域	0~256Mbit/s
	背景セル挿入帯域	0~256Mbit/s

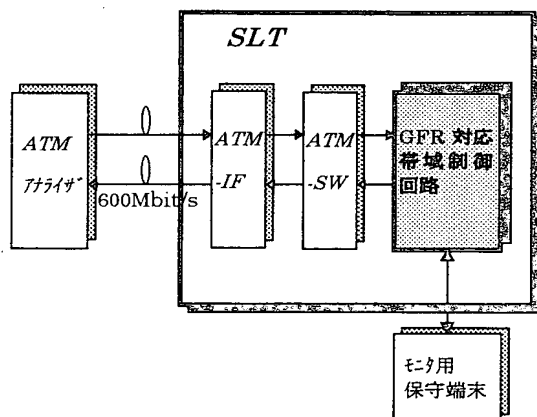


図 4.1 評価系構成

4.2 評価結果

開発した GFR 対応帯域制御回路におけるトラヒック特性を評価するため、ATM アナライザにより、各コネクションの帯域、受信データの正常性（Cell Loss、Bit Error 等）を確認した。

(1) 測定個別帯域の最低送出帯域測定

共用帯域（256Mbit/s）を使用する各コネクションにおいて最低送出帯域の確認を行った。この時の mCR の設定は各コネクションとも 1Mbit/s とし、測定コネクション以外のコネクションに関しては理論値を超える帯域のセルを挿入した。図 4.2 に評価結果を示す。

この評価での個別帯域 (IBW_j) は下式より求められる。

$$IBW_j = SBW / n \quad (4.1)$$

1 コネクション時の個別帯域は 256Mbit/s の実験結果が得られており、共用帯域 (SBW) を最大帯域まで使用していることがわかる。コネクション数 n における測定帯域は式 (4.1) に一致した値となっており、公平に帯域分割が行われていることを示す。また、この時の帯域分割誤差は 10^{-4} 以下で公平分割可能であることを確認した。

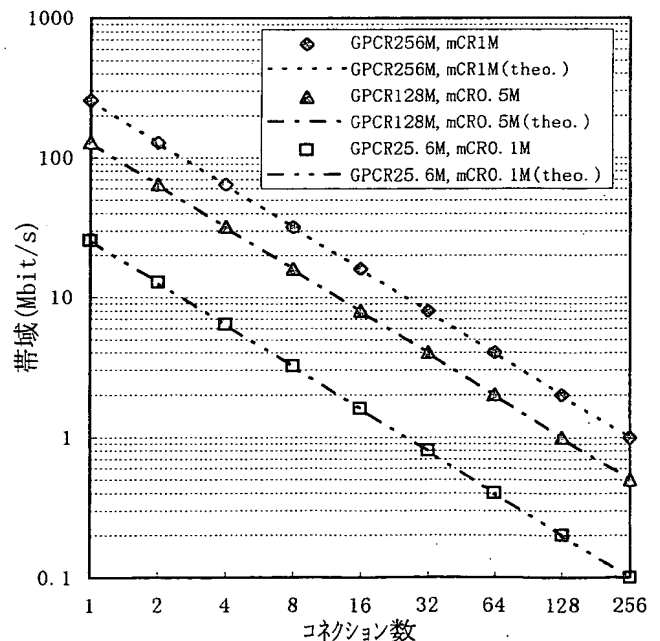


図 4.2 測定個別帯域の最低送出帯域測定結果

(2) 個別帯域の mCR 比例配分依存性

コネクション毎の mCR の設定値によって各コネクション毎の重み付け (weight) が設定される。weight は 0.1Mbit/s を基本単位としてその整数比が用いられる設計となっている。各コネクション毎の重み付けにおける個別帯域を測定した。本評価では 2 コネクションで共用帯域を使用し、一方のコネクションの mCR=1Mbit/s(weight=10) として、もう一方の重み付けを変化させて、各コネクションの帯域を測定した。図 4.3 に評価結果を示す。本評価系で重み付けを変化させた場合のコネクション帯域の理論式は、下式(4.2)となる。

$$IBW = w \times \frac{SBW}{10+w} \quad (4.2)$$

w=10 の場合、共用帯域の fairness 性により、128Mbit/s の個別帯域を保証し、コネクションの個別帯域の合計値は共用帯域の 256Mbit/s を確保している。次に、w=30 としたときの個別帯域は 192Mbit/s を確保し、重み付け固定のコネクションは 64Mbit/s の個別帯域を得た。この時の帯域分割誤差も 10^{-4} 以下で分割可能である。

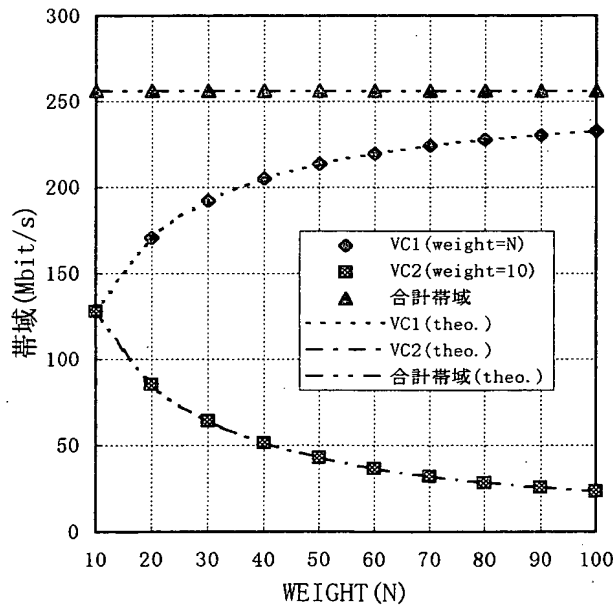


図 4.3 可変個別帯域設定評価結果

5. まとめ

GFR を収容する際の帯域共用、最低帯域保証、帯域共用の公平性 (fairness) を確保するキュー先読み型変形 WRR 方式を用いた GFR 処理回路を開発、評価を行い、GFR サービスの提供が可能であることを確認した。

最後に、今回開発した GFR 処理回路搭載カードを図 5.1 に示す。

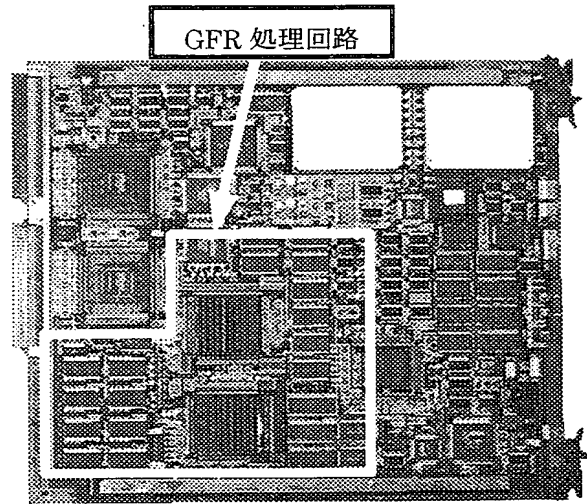


図 5.1 GFR 処理回路搭載カード

参考文献

- 1) Takigawa et al., "ATM based Passive Double Star System offering B-ISDN, N-ISDN and POTS", GLOBECOM'93, pp.14-18, Nov. 1993.
- 2) 東間 "EPD 機能付帯域共用回路における IP トラフィックの特性評価", 信学技報, CS98-39, 1998-06
- 3) ATM Forum, "ATM Forum/LTD-TM-01.05 draft: Traffic Management Working Group", Sep. 1997.
- 4) M. Katevenis, S. Sidiropoulos, C. Courcoubetis, "Weighted Round Robin Cell Multiplexing in a General-Purpose ATM Switch Chip", IEEE JSAC, vol.9, no.8, Oct. 1991, pp1265-79.
- 5) 小林, 岩村, 芦 "最低帯域保証が可能な共用帯域制御方式の一検討", 信学技報, SSE97-92, 1997-09

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.